

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-260737

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

33/00

33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平10-74863

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月9日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

(72) 発明者 岩田 浩和

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式
会社リコー内

(74) 代理人 弁理士 植本 雅治

(54) 【発明の名称】 半導体基板の製造方法および半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 クラックがなく、結晶欠陥や歪みなどが低減された高品質の G a N 系化合物半導体により構成される半導体基板の製造方法および半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 単結晶基板 2 1 の表面上に、選択成長のための核発生層 2 2 を積層し、該核発生層 2 2 上に、選択成長用マスク 2 3 を積層し、該選択成長用マスク 2 3 のマスクパターンを通して、G a N 系化合物半導体層 2 4 を選択成長し、この際、選択成長のための核発生層 2 2 を A 1 N 層で構成し、この A 1 N 層を選択的にエッチング除去することによって G a N 系化合物半導体層 2 4 を分離して半導体基板を作製する。

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単結晶基板表面上に、選択成長のための核発生層を積層し、該核発生層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga-N系化合物半導体層を選択成長して形成した半導体基板において、選択成長のための核発生層をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGa-N系化合物半導体層を分離して作製されることを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項2】 単結晶基板表面上に、あるいは、単結晶基板表面に積層された選択成長の核発生層となる結晶層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga-N系化合物半導体層を選択成長して形成した半導体基板において、選択成長中のGa-N系化合物半導体層をGa-N系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なく、かつ1層存在する構造とし、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによってGa-N系化合物半導体層を分離して作製されることを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項3】 単結晶基板表面上に、選択成長のための核発生層を積層し、該核発生層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga-N系化合物半導体層を選択成長し、この際、前記核発生層をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGa-N系化合物半導体層を分離して作製される半導体基板上に、少なくとも1つのp-n接合を含むGa-N系化合物半導体積層構造が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項4】 単結晶基板表面上に、あるいは、単結晶基板表面に積層された選択成長の核発生層となる結晶層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga-N系化合物半導体層を選択成長し、この際、選択成長するGa-N系化合物半導体層をGa-N系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なく、かつ1層存在する構造とし、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによってGa-N系化合物半導体層を分離して作製される半導体基板上に、少なくとも1つのp-n接合を含むGa-N系化合物半導体積層構造が形成されていることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、Ga-N系化合物半導体から構成される半導体基板の製造方法、および、D-VD用、C-D用、プリンタ用の光源などに利用可能な半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、青色のLEDは、赤色や緑色のLEDに比べて輝度が小さく実用化に難点があったが、近

年、InAlGa-N系化合物半導体からなるGa-N系化合物半導体層を用い、ドーパントとしてMgをドーピングした低抵抗のp型半導体層が得られたことにより、高輝度青色LEDが実用化され、さらには、実用化には至らないが室温で連続発振するレーザダイオードも開発されている。

【0003】 図8は文献「Japanese Journal of Applied Physics」vol.34(1995) p.L1332~L1335」に示されているGa-N系化合物半導体を用いた発光ダイオード(LED)の断面図である。

【0004】 図8のLEDは、サファイア(Al_2O_3 単結晶)からなる100~300 μm の基板101上にn型のGa-Nなどからなる低温バッファ層102と、n型のGa-N層103と、インドープのIn_yGa_(1-y)N (0<y<1)などからなる活性層104と、p型Al_xGa_(1-x)N (0<x<1)などからなるバリア層105と、p型Ga-Nなどからなるキャップ層106とが、有機金属気相成長法(以下、MOCVD法という)により順次積層されている。

【0005】 そして、この積層された半導体層の一部がエッチングにより除去されて露出したn型Ga-N層103上に、n側電極108が形成され、また、キャップ層106上及びp側電極107が形成され、これによってLEDが形成されている。

【0006】 また、図9は、文献「Japanese Journal of Applied Physics」vol.35(1996)p.L74~L76」に示されているような端面発光型レーザダイオード(LD)の斜視図である。

【0007】 図9のLDは、図8のLEDと同様に、サファイア(Al_2O_3 単結晶)からなる100~300 μm の基板102上に、n型のGa-Nなどからなる低温バッファ層101と、n型のGa-Nからなる高温バッファ層120と、n型In_yGa_(1-y)N層119と、n型のAl_xGa_(1-x)N (0<x<1)層118と、n型Ga-N層117と、インドープのInGa-N MQWなどからなる活性層116と、p型Al_zGa_(1-z)N (0<z<1)層115と、p型Ga-N層114と、p型Al_uGa_(1-u)N (0<u<1)層113と、p型Ga-N層などからなるキャップ層112とが、MOCVD法により順次積層されている。

【0008】 そして、この積層された半導体層をリッジ状にドライエッチングすることによって、光導波路と共振器端面124が形成され、さらに、エッチングにより露出した高温バッファ層120上にn側電極123が形成され、また、キャップ層112上にp側電極111が形成され、これによって、LDが形成されている。

【0009】 また、従来、Ga-N系化合物半導体の結晶性を向上するために、選択成長と横方向の成長により、クラックの無い厚いGa-N単結晶層を形成する方法が提案されている(文献「Jpn. J. Appl. Phys.」Vol.36 (19

97) pp.L899-L902)。

【0010】図10は選択成長用のマスクパターンを示す図であり、図11(a)乃至(e)は、図10のマスクパターンの作製方法を説明するための図である。なお、図11(a)乃至(e)は図10のA-A'線における断面で見られるものである。

【0011】図11(a)を参照すると、まず、図11(a)の工程でサファイア基板151上に核発生層としてGa₂N薄膜152を積層し、次いで、図11(b)の工程で核発生層152上に、7μmピッチで1~4μm幅のストライプパターンが開いたSiO₂からなる選択成長用マスク153を形成する。このストライプパターンはGa₂N薄膜152の(11-20)方向に沿って形成される(図10を参照)。その後、図11(c)、(d)、(e)の工程で、選択成長と成長方向成長で欠陥を有するGa₂N層154の結晶成長を行なう。この場合、Ga₂Nは、始め、ストライプパターンの露出した核発生層152表面に選択成長し、その後、(11-01)面が現われ、マスク153上を横方向に成長する(図11(c))。成長が進むと、隣接したストライプ状のGa₂N結晶154同士が合体し(図11(d))、次第に溝156が埋まり、最後には平坦な(0001)面を上面とするGa₂N単結晶層155がウェハー全面に形成される(図11(e))。この方法により、ウェハー全面でクラックのないGa₂N厚膜が成長可能となった。この上にInGa₂N-MQWを活性層とするLEDを作製すると、LEDの積層構造の結晶欠陥密度は、10⁻⁶cm⁻²程度に減少させることが可能となり、発出力も約3倍になっている(文献「Record of the 16th Electronic Materials Symposium, Minoo, July 9-11, 1997p.291-292」)。

【0012】また、図12は特開平8-316571号に示されている半導体レーザーの斜視図である。図12の半導体レーザーは、MgAl₂O₄基板60上に積層構造61が結晶成長され、積層構造61上にp側電極62、n側電極63が形成されて、発光素子(レーザー)として形成されている。

【0013】ここで、この発光素子の光出射面側は、MgAl₂O₄基板60のへき開面602と積層構造61のへき開面601とにより形成されており、この光出射端面601は、MgAl₂O₄基板60を斜めにへき開することによって形成されている。すなわち、MgAl₂O₄基板60を使用することにより、斜めへき開による光共振器端面の形成を可能にしている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】このように、低温バッファ層の技術や、選択成長によるGa₂N厚膜の作製技術により、サファイア等の異種基板上へ高品質のGa₂N系化合物半導体の結晶成長が可能となり、高輝度LEDが実現され、また、LDの室温連続発振も実現された。

【0015】しかしながら、従来のGa₂N系化合物半導

体を使用した発光素子は、結晶構造の異なる異種基板上に成長するため、基板とGa₂N系化合物半導体のへき開面は必ずしも一致しているわけではない。そのため、レーザー共振器端面の形成を従来のAlGaAs系等のレーザーのようにへき開法で行なうことが困難である。

【0016】例えば、サファイアは劈開性が悪いため、LD共振器端面は、エッチングなどの方法で作製していた。そのため、作製プロセスもドライエッチング用マスクの形成、ドライエッチング、マスク除去等の工程が必要とされ複雑化していた。さらには、Ga₂N系化合物半導体のドライエッチング技術は未だ確立されていないため、形成された共振器端面には、鋸歯状の凹凸があり、また、側面へき開に形成されるなど、その形状性、平行性、垂直性は未だ十分ではない。そのため、共振器端面の物性上から見て、実用に耐えうる特性を有するとは困難であった。

【0017】また、特開平8-316571号に開示されているMgAl₂O₄基板では、へき開によるLD共振器端面の形成を可能としているが、基板とGa₂N系化合物半導体の結晶構造の違いから、基板とGa₂N系化合物半導体との劈開面が一致せず斜め劈開になるため、再現性に問題があった。

【0018】また、従来のGa₂N系化合物半導体発光素子は絶縁性基板上に結晶成長が行なわれるため、基板裏面から電極を引出すことができない。そのため、電極は素子表面に形成されることになり、従来のAlGaAs系等のレーザーのように基板裏面に電極を形成しダイオード構造による実装ができない上、電極の面積が小さくなるという問題も残っていた。

【0019】本発明は、上述のような従来のGa₂N系化合物半導体による発光素子の種々の問題を解決し、クラックがなく、結晶欠陥や歪みなどが低減された高品質のGa₂N系化合物半導体により構成される半導体基板の製造方法および半導体発光素子を提供することを目的としている。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、単結晶基板表面上に、選択成長のための核発生層を積層し、該核発生層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga₂N系化合物半導体層を選択成長して形成した半導体基板において、選択成長のための核発生層をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGa₂N系化合物半導体層を分離して作製されることを特徴としている。

【0021】また、請求項2記載の発明は、単結晶基板表面上に、あるいは、単結晶基板表面に積層された選択成長の核発生層となる結晶層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga₂N系化合物半導体層を選択成長して形成した半

10

20

30

40

50

導体基板において、選択成長するGaN系化合物半導体層をGaN系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なくとも1層存在する構造とし、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによってGaN系化合物半導体層を分離して作製されることを特徴としている。

【0022】また、請求項3記載の発明は、単結晶基板表面上に、選択成長のための核発生層を積層し、該核発生層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、GaN系化合物半導体層を選択成長し、この際、前記核発生層をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGaN系化合物半導体層を分離して作製する半導体基板に、少なくとも1つのp-n接合を含むGaN系化合物半導体積層構造が形成されていることを特徴としている。

【0023】また、請求項4記載の発明は、単結晶基板表面上に、あるいは、単結晶基板表面に積層された選択成長のための核発生層となる結晶層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、GaN系化合物半導体層を選択成長し、この際、選択成長するGaN系化合物半導体層をGaN系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なくとも1層存在する構造とし、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによってGaN系化合物半導体層を分離して作製される半導体基板に、少なくとも1つのp-n接合を含むGaN系化合物半導体積層構造が形成されていることを特徴としている。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。図1は本発明に係る半導体基板の第1の実施形態を示す斜視図、図2は図1のA-A'線における断面図である。また、図3(a)～(e)は、図1、図2の半導体基板の作製工程例を示す図である。

【0025】この第1の実施形態の半導体基板(図1、図2の半導体基板)は、図3(a)～(e)に示すように、単結晶基板21の表面上に、選択成長のための核発生層22を積層し、該核発生層22上に、選択成長用マスク23を積層し、該選択成長用マスク23のマスクパターンを通して、GaN系化合物半導体層24を選択成長し、この際、選択成長のための核発生層22をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGaN系化合物半導体層24を分離して作製されるようになっている。

【0026】この半導体基板の製造方法の最大の特徴は、核発生層22の材料として、AlNを用いている点にある。AlNは、GaN系化合物半導体と結晶構造が同一であり、かつ格子定数もほぼ近いことから、選択成長するGaN系化合物半導体の結晶性は異種基板に成長

した場合に比べ良質なものとなる。さらに、AlN層はアルカリ溶液によるエッチングレートが大きく、GaN系化合物半導体との選択比が大きい。そのため、アルカリ溶液によってGaN系化合物半導体層24を容易に分離することができる。さらに、研磨等の方法で、基板結晶を削り落とす方法に比べ、機械的ダメージが入らない良質なGaN系化合物半導体基板24を作製できる。また、基板21として、アルカリ溶液に不溶の基板材料(例えばサファイアなど)の基板材料)を使用することによって、基板21を再利用することが可能となるなどの利点がある。

【0027】なお、GaN系化合物半導体24としては、例えば、一般式が $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x+y \leq 1$)で表されるIII族窒化物が用いられる。

【0028】次に、図1、図2の半導体基板の作製工程例を図3(a)～(e)を用いて、詳細に説明する。この作製工程例では、図2に示すサファイア基板21の(0001)面上に、選択成長のための核発生層としてのAlN層22を例えばMOCVD法によって700℃の温度で0.1μmの膜厚に積層する(図3(a))。次に、AlN層22上に選択成長用マスク23を堆積し、その後、選択成長用マスク23をパターニングし、このパターニングのパターニング部分においてAlN層22の表面を露出させる(図3(b))。なお、この作製工程例では、選択成長用マスク23の材料として、SiO₂を堆積し、選択成長用マスク23のパターニングとしては、プラズマエッチングにより7μm幅、3μm幅のストライプパターンを、選択成長するGaN系化合物半導体層24の(11-20)方向に沿ってパターニングした。

【0029】次に、ストライプパターン部分において露出しているAlN層22の表面からn-GaN単結晶層24を選択成長させる。すなわち、ストライプパターン部分において露出しているAlN層22の表面からn-GaN単結晶24を結晶成長させ、選択成長用マスク23を堆積し、この選択成長用マスク23の表面方向にも(選択成長用マスク23の表面方向にも)成長させて、結果的に、選択成長用マスク23が埋め込まれ、図3(c)に示すようなGaN単結晶層24が形成される。

【0030】なお、n-GaN単結晶層24の結晶成長は、HVPEで行ない、SiCl₄をn型のドーピングガスとして用いることによって、n-GaN単結晶層24として、n型GaNを200μmの膜厚に結晶成長させた(図3(c))。

【0031】このようにして、GaN単結晶層24を形成した後、GaN単結晶層24をサファイア基板21から分離する。すなわち、この作製工程例では、まず、HF水溶液でSiO₂マスク23をエッチング除去して空隙25を形成し、AlNエッチング液が浸透しやすいよ

うにする(図3(d))。しかる後、80℃のKOH水溶液でAlN層22をエッチングして、Ga_{0.5}N単結晶層24をサファイア基板21から分離することができる(図3(e))。これにより、具体的には、例えばφ2インチ、厚さ200μmのn⁺-Ga_{0.5}N単結晶24として得られる。

【0032】このほか、図1〜図3の第1の実施形態では、単結晶基板21の表面上に、選択成長のための核発生層22を積層し、該核発生層22上に、選択成長用マスク23を積層し、該選択成長用マスク23のレジストパターンを通して、Ga_{0.5}N系化合物半導体層24を選択成長し、この際、選択成長のための核発生層22をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGa_{0.5}N系化合物半導体層24を分離して作製されるようになっており、AlNは、Ga_{0.5}N系化合物半導体と結晶構造が異なり、かつ格子定数も異なることから、選択成長するGa_{0.5}N系化合物半導体24の結晶性は、Ga_{0.5}N系化合物半導体を異種基板に成長した場合に比べ良質なものとされる。従って、基板から分離して作製されたGa_{0.5}N系化合物半導体基板24の結晶性は高品質なものとなる。

【0033】さらに、AlN層22はアサリ溶液によるエッチングレートが大きい、Ga_{0.5}N系化合物半導体より選択性が大きい。そのため、アサリ溶液によってGa_{0.5}N系化合物半導体層24を容易に分離することができ、従って、研磨等方法で、基板結晶を削り落とす方法に比べ、機械的ダメージが入らない良質なGa_{0.5}N系化合物半導体基板を作製できる。また、基板21として、アサリ溶液に不溶の基板材料(例えばサファイアなどの基板材料)を使用することによって、基板21を再利用することが可能となるなどの利点がある。従って、このように作製されたGa_{0.5}N系化合物半導体基板24は安価なものとなる。

【0034】さらに、このGa_{0.5}N系化合物半導体単結晶基板24上に厚いGa_{0.5}N系化合物半導体を成長しても熱膨張係数差による熱歪みにより発生するクラックが発生せず、良質な結晶成長を行なうことができる基板となり、さらには、へき開可能な基板となる。

【0035】図4は本発明に係る半導体基板の第2の実施形態を示す斜視図、図5は図4のA-A'線における断面図である。また、図6(a)〜(f)は、図4、図5の半導体基板の作製工程例を示す図である。この第2の実施形態の半導体基板(図4、図5の半導体基板)は、図6(a)〜(f)に示すように、単結晶基板41の表面上に、選択成長用マスク42を積層し、該選択成長用マスク42のマスクパターンを通して、Ga_{0.5}N系化合物半導体層を選択成長し、この際、選択成長するGa_{0.5}N系化合物半導体層をGa_{0.5}N系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なくとも1層存在する構造とし、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング

除去することによってGa_{0.5}N系化合物半導体層を分離して作製されるようになっている。

【0036】この半導体基板の製造方法の最大の特徴は、選択成長するGa_{0.5}N系化合物半導体層において、Ga_{0.5}N系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域が少なくとも1層存在する構造としている点である。図6(a)〜(f)の例では、Ga_{0.5}N系化合物半導体層内の他の領域は符号45で表され、結晶欠陥密度の高い領域は符号44で表されている。

【0037】Ga_{0.5}N系化合物半導体層はその結晶性によってアサリ溶液によるエッチングレートが大きく左右される。すなわち、結晶欠陥密度が大きい領域44のエッチングレートは大きく、結晶欠陥密度が小さい結晶性の良い領域45のエッチングレートが小さく、ほとんどエッチングされない。従って、結晶欠陥密度の高い領域44を選択的にエッチング除去することによって、結晶性の良いGa_{0.5}N系化合物半導体層の部分45を容易に分離することができる。従って、研磨等方法で、基板結晶を削り落とす方法に比べ、機械的ダメージが入らない良質なGa_{0.5}N系化合物半導体基板を作製される。また、基板41として、アサリ溶液に不溶の基板材料(例えばサファイアなどの基板材料)を使用することによって、基板41を再利用することが可能となる。

【0038】なお、Ga_{0.5}N系化合物半導体44、45としては、例えば、一般式がIn_x(Al_{1-x}Ga_{1-y}As_{1-y})N(0≦x≦1、0≦y≦1、x+y≦1)で表されるIII族窒化物が用いられる。

【0039】次に、図4、図5の半導体基板に作製工程例を図6(a)〜(f)を用いてより詳細に説明する。この作製工程例では、φ2インチのサファイア基板41の(0001)面上に、選択成長用マスク42を堆積し、その後、選択成長用マスク42をパターニングし、このパターニングのパターンの部分においてサファイア基板41の表面を露出させる(図6(a))。なお、この作製工程例では、選択成長用マスク42の材料として、SiO₂を堆積し、選択成長マスクパターンとしては、フォトリソグラフィにより7μm幅で、3μm幅のストライプパターンをサファイア基板41の(11-20)方向に沿ってパターンニングした。

【0040】次いで、ストライプパターンの部分において露出しているサファイア基板41の表面にGa_{0.5}N層43をMOCVD法により500℃の温度で0.05μmの膜厚に選択成長させた。すなわち、ストライプパターンのパターン内にGa_{0.5}N層43を成長させた(図6(b))。

【0041】さらに、MOCVD法により900℃で結晶欠陥密度の高いGa_{0.5}N44を{1-101}面が現われるまで選択成長させた(図6(c))。

【0042】しかる後、HVPE法で、SiCl₄をn型のドーピングガスとして用いて、結晶欠陥密度の低い

9

n -Ga_{0.4}N_{0.6}を200 μ mの膜厚に結晶成長させた(図6(d))。

【0043】このようにして、Ga_{0.4}N層44、45を形成した後、Ga_{0.4}N単結晶層45をサファイア基板41から分離する。すなわち、この作製工程例では、先ず、HF水溶液でSiO₂パターンの42をエッチング除去して空洞46を形成し、Ga_{0.4}Nエッチング液が浸透しやすいようにする(図6(e))。しかる後、KOH水溶液で結晶欠陥密度の高い領域、すなわちGa_{0.4}N41をエッチングして、Ga_{0.4}N単結晶層45をサファイア基板41から分離することができ(図6(f))。

【0044】このように、図4～図6の第2の実施形態では、Ga_{0.4}N層44、45を形成する際、欠陥密度の制御は成長条件を変えるだけで済ませることができるので、異種材料を成長する必要な、反作用の少ない材料を用いることができる。すなわち、作製されるGa_{0.4}N系化合物半導体基板を、その用途を導出することは、作製することができる。また、結晶欠陥密度の高い領域44を選択的にエッチング除去することによって、結晶性の良いGa_{0.4}N系化合物半導体層45を容易に分離することができる。従って、研磨等方法で、基板結晶を削り落とす方法に比べ、機械的ダメージが与えない良質なGa_{0.4}N系化合物半導体基板を作製できる。また、基板41として、エタノール溶液に不溶な基板材料(例えば、サファイアなどの基板材料)を使用することによって、基板41を再利用することが可能となるなどの利点がある。従って、このように作製されたGa_{0.4}N系化合物半導体基板45は安価なものとなる。

【0045】さらに、このGa_{0.4}N系化合物半導体単結晶基板45上に厚いGa_{0.4}N系化合物半導体を成長しても熱膨張係数差による熱歪みにより発生するクラックが発生せず、良質な結晶成長を行なうことができる基板となり、さらには、はき開可能な基板となる。

【0046】なお、図6(a)～(f)の例では、単結晶基板41上に、直接、選択成長用マスク42を堆積し、その後、選択成長用マスク42をパターニングして、このパターニングのパターンの部分においてサファイア基板41の表面を露出させ、ストライプパターンの部分において露出しているサファイア基板41の表面にGa_{0.4}N層43を成長させたが、単結晶基板41上に、選択成長の核発生層(例えばAl_{0.4}N層)を堆積し、核発生層上に、選択成長用マスク42を堆積し、その後、選択成長用マスク42をパターニングし、このパターニングのパターンの部分において核発生層の表面を露出させ、ストライプパターンの部分において露出している核発生層の表面にGa_{0.4}N層43を成長させることもできる。

【0047】なお、上述の各例(図1～図3の例、図4～図6の例)において、Ga_{0.4}N系化合物半導体結晶24、45に所定の導電型の不純物(n型あるいはp型の不純物)をドーピングすることも可能であり、Ga_{0.4}N系

化合物半導体結晶24、45に所定の導電型の不純物をドーピングすることで、導電型、すなわち電気的特性を制御することができ、所望の電気特性を有するGa_{0.4}N系化合物半導体結晶とすることができる。

【0048】すなわち、Ga_{0.4}N系化合物半導体は半導体であるので、不純物のドーピング制御により、その導電型、電気抵抗等の電気的特性を制御することが可能であり、Ga_{0.4}N系化合物半導体結晶24、45に所定の導電型の不純物をドーピングすることで、所望の電気的特性を有する基板を形成することができる。

【0049】また、上述の各例(図1～図3の例、図4～図6の例)では、作製工程中、基板全面にGa_{0.4}N系化合物半導体結晶24、45を堆積したが、基板の一部にGa_{0.4}N系化合物半導体結晶24、45を堆積しても良い。

【0050】図7は本発明に係る半導体発光素子の構成例を示す断面図である。図7の半導体発光素子は、例えば図1、図2の半導体基板24、または、図4、図5の半導体基板45上に形成された、少なくとも一つのp-n接合を含むGa_{0.4}N系化合物半導体積層構造からなる発光素子となっている。

【0051】より具体的に、この半導体発光素子は、 n -Ga_{0.4}N単結晶基板24または45上に、 n -Ga_{0.4}N層52、 n -Al_{0.4}Ga_{0.6}Nクラッド層53、Al_{0.4}Ga_{0.6}N-InGa_{0.4}N量子井戸構造活性層54、 p -Al_{0.4}Ga_{0.6}Nクラッド層55、 p -Ga_{0.4}Nキャップ層56が順次に堆積されており、この積層構造の p -Ga_{0.4}Nキャップ層56上にSiO₂絶縁層57が形成され、この絶縁層57に p -Ga_{0.4}Nキャップ層56表面に達する幅5 μ mのストライプ形状の穴が開けられた構造のもつとして構成されている。

【0052】また、図7の半導体発光素子では、絶縁層57上には、 p 側オーミック電極58が堆積されており、 p 側オーミック電極58は、露出した p -Ga_{0.4}Nキャップ層56と接触し、オーミック電極を形成している。また、 n -Ga_{0.4}N単結晶基板24または45の裏面には、 n 側オーミック電極59が形成されている。

【0053】また、この半導体発光素子の光出射端面500、501ははき開によって、基板24または45に対し垂直に形成され、また、光出射端面500、501は互いに平行に形成されている。

【0054】なお、図7の半導体発光素子において、 n -Ga_{0.4}N層52、 n -Al_{0.4}Ga_{0.6}Nクラッド層53、Al_{0.4}Ga_{0.6}N-InGa_{0.4}N量子井戸構造活性層54、 p -Al_{0.4}Ga_{0.6}Nクラッド層55、 p -Ga_{0.4}Nキャップ層56はMOCVD法によって結晶成長できる。

【0055】また、 p 側オーミック電極58は、Au/Niを真空蒸着し、熱処理して形成できる。また、 n 側オーミック電極59は、Al/Tiを真空蒸着し、熱処理して形成できる。

10

20

30

40

50

【0056】このような構成の半導体発光素子では、発光素子のp型、n型層に対応した電極に電流を印加し、p-n接合に電流を注入することで、キャリアの再結合がなされ、これによって発光するものである。

【0057】すなわち、この半導体素子装置では、p側とn側の電極58、59に電圧を印加すると、AlGaIn-InGaIn-MQW活性層54に電流が注入され、活性層54において電子と正孔の再結合によって発光し、光放射面500、501によって形成される共振器によって、反射増幅が得られ、レーザー光5000、5001として外部に出力される。

【0058】なお、発光素子を構成するGa-N化合物半導体積層構造は、一般的なp-n接合を有し、このp-n接合に電圧が印加され、電子-空孔再結合によって、発光素子構造であれば、光子発生、即ち励起状態の遷移、放射再結合、非放射再結合、熱弛豫、エネルギー障壁、界面障壁、量子井戸構造、電荷化、さらなる構造等によって、発光しない。

【0059】この半導体発光素子においては、図1、図2のGaN系化合物半導体基板上、または、図4、図5のGaN系化合物半導体基板上に形成されたGaN系化合物半導体積層構造からなる、基板表面に垂直なππ間面を先に端面とする発光素子であり、従来より結晶品質の良い同種の基板上に発光素子部分が形成されていることから、発光素子を構成する積層構造の結晶性は、基板材料のGaN系化合物半導体積層構造の積層の整合性による欠陥や熱膨張係数差による熱応力やクラック等の欠陥、すなわち、発光特性や寿命に悪影響を及ぼす欠陥が低減された高品質なものとなり、そのため、発光特性が良、寿命の長い発光素子を提供できる。

【0060】また、光出射面が基板主面に垂直で、原子オーダーで平滑な半導体単面であるので、従来のダイオードレーザで形成された光出射端面のような凹凸がないため、光出射端面で散乱ロスがなく、発光効率の良好になる。また、レーザ素子の場合には、半導体単面は、互いに平行で、平滑な表面と一端面となっており、通常のダイオードレーザで形成された光出射端面を共振器ミラー端面とするレーザ素子に比べ、しきい電流密度が低く、外部微分効率が高い性能のよいレーザ素子を作製することができると考えられる。

【0061】さらに、基板にはGaN系化合物半導体単結晶基板を使用しているため、基板をn型あるいはp型の導電性にすることが可能となり、この場合、基板裏面に電極を形成することができて、従来のダイボンディングによる実装ができる上、電極のスパースの分だけ、チップ面積を低減できる。

【 0 0 6 2 】

【発明の効果】以上に説明したように、請求項1記載の発明によれば、単結晶基板表面上に、選択成長のための核発生層を積層し、該核発生層上に、選択成長用マスク

を積層し、該選択成長用マスクのマスクパターンを通して、Ga₂N系化合物半導体層を選択成長して形成した半導体基板において、選択成長のための核発生層をAlN層で構成し、このAlN層を選択的にエッチング除去することによってGa₂N系化合物半導体層を分離して半導体基板を製作するようにしており、AlNは、Ga₂N系化合物半導体と結晶構造が同一であり、かつ格子定数もほぼ近いことから、選択成長するGa₂N系化合物半導体の結晶性は、Ga₂N系化合物半導体を該種基板に成長した場合に比べ良質なものとなる。従って、基板から分離して作製されたGa₂N系化合物半導体基板の結晶性を高品質なものにすることができると考えられる。

【0063】さらに、AlN層は厚さが、薄膜に比べて厚く、約1μmが大きい。GaN系化合物半導体との選択比が大きいので、膜上から選択的にAlN、GaN系化合物半導体層を容易に分離することができる。従って、本発明によれば、基板露出部を形成した後、極微細のパターンが入らない良質なGaN系化合物半導体基板を作製できる。

20 【0064】さらに、このGaN系化合物半導体薄膜結晶基板上に厚いGaN系化合物半導体を成長しても、熱膨張係数差による熱歪みにより発生するクラックが発生せず、良質の結晶成長を行なうことができる基板となり、さらに、おき関可能な基板となる。

【0065】また、請求項2記載の発明においては、亜結晶基板表面上に、あるいは、亜結晶基板表面に積層された選択成長の核発生源となる結晶層上に、選択成長用マスクを積層し、該選択成長用マスク（レジスタ）を通して、Ga₂N系化合物半導体層を選択成長して形成した半導体基板において、選択成長するGa₂N系化合物半導体層をGa₂N系化合物半導体層内の他の領域よりも結晶欠陥密度の高い領域（例えば、もみり層存在する構造など）、この結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによってGa₂N系化合物半導体層を分離して半導体基板を作製することによって、Ga₂N層に欠陥密度の利便は成長条件を変えるだけで行なうことができるので、異種材料を成長する必要な、反応管の汚染などを防止することができる。すなわち、作製されるGa₂N系化合物半導体基板を、その純度を落とすことなく作製することができる。また、結晶欠陥密度の高い領域を選択的にエッチング除去することによって、結晶性の良いGa₂N系化合物半導体層を容易に分離することができ、従って、研磨等の方法で、基板結晶を削り落とす方法に比べ、機械的ダメージが入らない良質なGa₂N系化合物半導体基板を作製できる。

【0066】さらに、このGaN系化合物半導体単結晶基板上に厚いGaN系化合物半導体を成長しても熱膨張係数差による熱歪みにより発生するクラックが発生せず、良質の結晶成長を行なうことができる基板となり、さらには、へき開可能な基板となる。

【0067】また、請求項3、請求項4記載の発明によれば、請求項1または請求項2のように作製された半導体基板上に、少なくとも1つのp-n接合を含むGaN系化合物半導体積層構造が形成されており、従来より結晶品質の良い同種の基板上に形成されていることから、発光素子を構成する積層構造の結晶性は、基板材料とGaN系化合物半導体積層構造の格子不整合による欠陥や熱膨張係数差による熱歪みやクラック等の欠陥、すなわち、発光特性や寿命に悪影響を及ぼす欠陥が低減された高品質なものとなり、そのため、発光特性が良く、寿命の長い発光素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体基板の第1の実施形態を示す斜視図である。

【図2】図1のA-A'線における断面図である。

【図3】図1、図2の基板の作製工程例を示す図である。

【図4】本発明に係る半導体基板の第2の実施形態を示す平面図である。

【図5】図4のA-A'線における断面図である。

【図6】図4、図5の基板の作製工程例を示す図である。

【図7】本発明に係る半導体発光素子の構成例を示す斜視図である。

【図8】従来のGaN系化合物半導体を用いたLEDの

断面図である。

【図9】従来の端面発光型レーザーダイオードの斜視図である。

【図10】選択成長用のマスクパターンを示す図である。

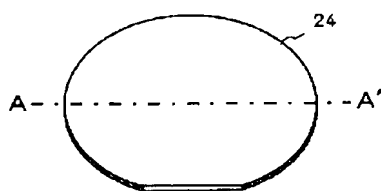
【図11】図10のマスクパターンを作製方法を説明するための図である。

【図12】従来の半導体レーザーの斜視図である。

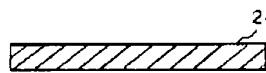
【符号の説明】

21、41	単結晶基板(サファイア基板)
22	核発生層
23、42	選択成長用マスク
24	GaN系化合物半導体層(GaN単結晶層)
44	結晶欠陥密度の高いGaN
45	結晶欠陥密度の低いGaN
52	n-GaN層
53	n-AlGaNクラッド層
54	AlGaN/InGaN量子井戸構造
55	p-AlGaNクラッド層
56	p-GaNキャップ層
58	p側オーミック電極
59	n側オーミック電極

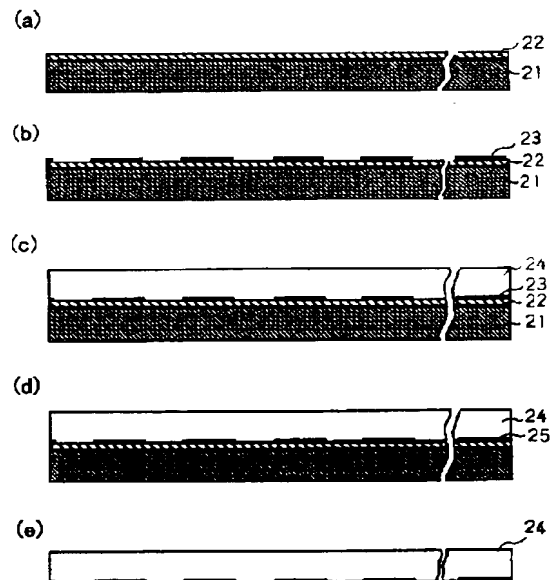
【図1】



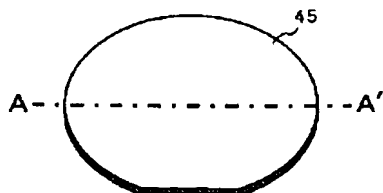
【図2】



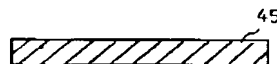
【図3】



【図4】



【図5】



【図 1 1】

